



**Programme d'Appui à l'amélioration de la qualité et à la
commercialisation de la vanille dans le district de Sambava**

Mission d'expertise en génétique des vanilliers dans la SAVA

RAPPORT FINAL

30 novembre 2009

Par

Michel Grisoni

Chercheur CIRAD



Mission d'expertise visant à étudier la variabilité génétique au sein de la population de vanilliers dans la SAVA

Programme d'Appui à l'amélioration de la qualité et à la commercialisation de la vanille dans le district de Sambava

RAPPORT FINAL

Par :

Michel Grisoni

Chercheur CIRAD

Résumé

La prospection pour apprécier la diversité génétique des vanilliers de la SAVA s'est déroulée du 18 mai au 02 juin 2009. Elle a concerné 21 communes sur les districts de Sambava et d'Antalaha qui correspondent à la zone d'intervention du Projet CHTT Vanille. La zone d'Andapa a été rajoutée en raison de ses caractéristiques pédo-climatiques particulières. Les 65 parcelles visitées au total ont été choisies en concertation avec les responsables locaux (moniteurs SAF/FJKM et chefs de quartier) selon les critères suivants : Type de culture (traditionnel/ stabex), problèmes phytosanitaires connus, existence de phénotypes particuliers, accessibilité.

*Le matériel végétal cultivé (dit 'Gasy') paraît génétiquement homogène dans la SAVA et correspond au clone traditionnel de *Vanilla planifolia*. Des vanilliers différents (dits 'Mexique') existent dans les parcelles, ils sont rares et commercialisés séparément de la vanille 'Gasy'. Ils sont facilement reconnaissables sur le terrain par leurs feuilles et fruits plus gros que la vanille ordinaire mais sont peu caractérisés sur les plans agronomique et aromatique. Les résultats du génotypage moléculaire (SSR et séquençage de gènes chloroplastiques et nucléaires) suggèrent qu'il s'agit d'hybrides divers entre *V. planifolia* et *V. pompona*.*

Le stock de ressources génétiques diversifiées maintenu sur la station vanille d'Ambohitsara s'amenuise au fil des ans malgré les efforts du Fofifa, en raison notamment des cyclones. Ce stock contient des génotypes intéressants mais est presque entièrement infecté par le Cymbidium mosaic virus ce qui fait obstacle à son exploitation. L'utilisation des marqueurs moléculaires a permis de préciser la nature des vanilliers de la collection du Fofifa, notamment la position taxonomique des hybrides et des espèces non ou mal identifiées. Nous n'avons pas pu collecter de ressources génétiques sauvages endémiques de l'île (sept espèces) et ce réservoir unique de gènes d'intérêt est encore très peu connu.

La production malgache de vanille repose donc sur une base génétique très étroite et le riche potentiel de diversification ou d'amélioration génétique présent sur l'île est menacé. Pour sécuriser et développer sa filière vanille, Madagascar, premier producteur mondial, se doit de disposer d'une véritable stratégie de gestion des ressources génétiques. Les travaux réalisés dans le cadre de cette étude ont permis d'identifier du matériel, de valider des méthodes et de proposer des actions pouvant servir une telle ambition.

SOMMAIRE

Rappel du contexte et des objectifs de la mission	3
L'amélioration génétique du vanillier : Etat des lieux	5
Historique de la culture du vanillier	5
Diversité génétique des vanilliers	5
L'amélioration génétique des vanilliers	9
Déroulement de la mission	11
Stratégie d'échantillonnage	11
Personnes rencontrées	12
Observations de terrain	13
Vanilliers ordinaires (V. planifolia)	13
Vanilliers améliorés de la station vanille d'Ambohitsara	15
Les vanilliers endémiques de Madagascar	17
Le matériel collecté	18
Résultats des analyses moléculaires	19
Etat sanitaire des ressources génétiques	19
Génotypage	19
Conclusions et recommandations / plan d'actions	22
1/ Constitution d'un conservatoire de RG saines	22
2/ Mise en place d'un schéma de production de boutures certifiées	23
3/ Caractérisation et sélection de RG améliorées pour Madagascar	23
4/ Valorisation des RG endémiques (vanihamalo)	24
Références bibliographiques	24
TABLEAUX	27
ANNEXES	34

Remerciements : L'auteur souhaite remercier vivement pour leur disponibilité et efficacité durant la prospection les agents du CHTT, notamment Rico BESON, Loth NJAKA et Arsène RAOELISON, ainsi que les moniteurs du SAF/FJKM et surtout les agriculteurs de la SAVA qui les ont accueillis sur leurs parcelles, ainsi que Katia JADE (Cirad, UMR PVBMT) pour la qualité des analyses moléculaires réalisées au laboratoire du 3P.

Rappel du contexte et des objectifs de la mission

Contexte

Dans le cadre du programme d'intensification et de structuration des principales filières d'exportation financé sur les ressources STABEX du Fonds Européen de Développement et plus particulièrement le projet d'appui à l'amélioration de la qualité et à la commercialisation de la vanille dans le district de Sambava, mis en œuvre par le CTHT, des actions spécifiques en vue d'améliorer la productivité des vanilliers ont été programmées.

De 1997 à 2003 l'Union Européenne a appuyé le développement de la filière vanille dans la SAVA par la mise en place d'un programme intitulé « Appui à la relance régionale de la filière vanille » sur financement STABEX. Dans le cadre de celui-ci un appui spécifique à l'amélioration de la production du vanillier a été mené et concernait :

- la relance de la production par le développement de la culture semi-intensive du vanillier sur tuteur vivant,
- l'encadrement des planteurs en vue de la maîtrise des opérations culturales visant à améliorer la productivité des plantations,
- le suivi de parcelles de production en vue de fournir des informations pour la détermination de la date d'ouverture des campagnes de commercialisation et sur les volumes disponibles,
- l'appui à la professionnalisation des planteurs par leur recensement et la diffusion de cartes professionnelles « cartes planteurs ».

A l'issue de ce programme plus de 3.300 hectares de nouvelles plantations ont été créées dans la SAVA et une dynamique de plantation a été constatée dans les autres régions de la côte Est suivant des schémas de plantations voisins de ceux préconisés. Cette dynamique a été favorisée par l'augmentation régulière du prix d'achat de la vanille aux producteurs jusqu'en 2003.

A l'issue de cette phase de développement de cette culture en paysannat on estime à près de 30.000 hectares actuellement de surfaces productrices avec des itinéraires culturaux variables et plus ou moins proche de ceux préconisés par le programme UE. D'une manière générale la variété dominante utilisée lors de cette phase d'extension était de type *V. planifolia* ordinaire mais aucune étude précise n'a permis d'apprécier l'homogénéité du matériel végétal mobilisé et sa qualité sanitaire. Or on sait qu'il existe des variants génétiques disséminés dans les plantations de la Sava. Ces individus soit sont issus des programmes d'amélioration génétiques conduits à la station d'Ambohitsara (FOFIFA) dans les années 1950-1970 soit résultent de phénomènes spontanés de reproduction sexuée ou de polyploïdisation du génome. L'entrée en production progressive de ces nouvelles plantations a certainement fortement contribué à l'augmentation de la production et aurait dû conduire à une amélioration de la qualité des produits.

Cependant, une analyse récente des parcelles de production, fait état d'un développement majeur de problèmes phytosanitaires qui pourraient à terme avoir un

impact sur l'avenir de cette production. De plus, la qualité des gousses produites demeure hétérogène.

Face à ce constat et à ses conséquences sur le revenu agricole des paysans traditionnellement impliqués dans cette production, une mission d'expertise a été planifiée dans le cadre du nouveau programme d'appui à cette filière. Celle-ci a pour objet de caractériser la variabilité génétique des vanilliers cultivés dans les grandes zones de production et d'identifier les ressources génétiques (RG) endémiques ou introduites susceptibles de présenter des caractères d'intérêt tels que la résistance aux maladies ou aux stress climatiques, l'indéhiscence des gousses, un profil aromatique particulier.

Bénéficiaires

Les bénéficiaires de cette mission sont : les producteurs de vanille, les partenaires techniques impliqués dans l'appui à la production de la vanille, les services publics (recherche et agriculture) impliqués dans cette filière de production et les collectivités territoriales.

Objectif global et spécifique

La mission d'expertise a pour objectif global l'amélioration la productivité des vanilliers en identifiant les variétés les mieux adaptées au contexte agroclimatique et parasitaire de la SAVA.

L'objectif spécifique est d'apprécier l'homogénéité génétique et phénotypique des vanilliers cultivés et d'identifier les espèces et cultivars présentant des caractéristiques susceptibles d'être sélectionnées (résistance aux maladies, qualité des gousses) dans la perspective de multiplier du matériel végétal certifié plus performant

Activités

L'expert en génétique du vanillier aura pour tâches de:

- de prospecter les zones de production de la SAVA ;
- de collecter des échantillons représentatifs ;
- les faire analyser par un laboratoire reconnu au niveau international en vue d'estimer la diversité génétique du matériel cultivé et celle des espèces sauvages ;
- fournir des informations sur les spécificités pour chacune des espèces identifiées : caractère aromatique, tolérance aux maladies et aux facteurs abiotiques, productivité etc. ;
- de préciser à l'aide de marqueurs moléculaires la position taxonomique des clones sélectionnés et de la collection nationale et de contrôler leur état sanitaire.;
- de fournir les recommandations et un plan d'action pour conserver, évaluer et multiplier les cultivars les plus intéressants (c'est-à-dire ceux agroclimatiquement les mieux adaptés et produisant des gousses répondant aux attentes des marchés) ;
- de fournir à l'administration et aux partenaires en charge de l'appui à cette filière (Opérateurs de développement ONGs implantés dans les zones de production) des critères d'identification variétale des vanilliers.

L'amélioration génétique du vanillier : Etat des lieux

Historique de la culture du vanillier

L'essentiel de la vanille consommée dans le monde provient des fruits préparés de l'espèce *Vanilla planifolia* G. Jackson (Monocotylédones, famille des Orchidacées, sous famille des Vanilloideae, tribu des vanilleae). Cette espèce, originaire des forêts tropicales humides du sud du Mexique a été disséminée dans le monde après la conquête espagnole. Elle est aujourd'hui cultivée dans toute la ceinture intertropicale du globe entre 27 ° de latitude Nord et Sud et constitue une des épices les plus prisée et les plus universellement appréciée.

La domestication du vanillier en dehors de sa zone d'endémisme n'a été effective que grâce à la maîtrise des deux étapes clé du processus de production de gousses aromatiques que sont le mariage (c'est à dire la pollinisation manuelle des fleurs sans laquelle les lianes ne fructifient pas puisque les abeilles pollinisatrices sont absentes des région d'introduction) et l'échaudage (traitement thermique visant à bloquer la maturation des gousses pour empêcher qu'elles ne se fendent tout en préservant l'intégrité enzymatique des cellules, nécessaire à l'expression des arômes lors du séchage). Edmond Albius, Ernest Loupy et David de Floris ont été, à la Réunion, les artisans majeurs de ce processus de domestication du vanillier (Lucas, 1990). Cela a abouti à la fin du 19ème siècle, à l'essor de la vanille Bourbon et à la suprématie du cartel de la vanille (Madagascar, Comores, Réunion) qui a régi le marché jusqu'au début des années 1970.

La vanille a été introduite à Madagascar tout d'abord dans l'archipel de Nosy Bé, vers 1870, puis à Sainte Marie (1880) et a enfin atteint la grande île en 1891. Cette culture nouvelle se développe rapidement notamment dans les régions de Nosy Bé, Antalaha, Maroantsetra et Mahanaro et dès 1929 la production malgache dépasse 1.000 tonnes; davantage que la consommation mondiale de l'époque. Depuis, Madagascar n'a jamais quitté le rang de premier producteur mondial de vanille et en tire toujours une part importante de ses revenus d'exportations. Dernièrement, avec l'élargissement des zones de production, le marché est devenu plus concurrentiel, s'est segmenté et demeure très chaotique. Après une envolée ahurissante des cours dans les années 2002-2004, les acteurs de la filière et les circuits de commercialisation ont été durablement ébranlés et les prix de la vanille sur le marché international sont très bas depuis trois ans.

Diversité génétique des vanilliers

Le genre *Vanilla* est un genre ancien (remontant à plus de 25 millions d'années) qui comprend une centaine d'espèces réparties dans la zone intertropicale en Asie, Afrique et Amérique. De 18 à 35 espèces selon les auteurs, presque toutes d'origine américaine, possèdent des fruits aromatiques. Quelques espèces autres que *V. planifolia* sont exploitées commercialement notamment *V. tahitensis* J.W. Moore dans le Pacifique et, de façon plus anecdotique, *V. pompona* Schiede aux Antilles ou *V. chamissonis* Klotzsch dans le sud du Brésil. Mais plus de 95% de la production mondiale de vanille provient de l'espèce *V. planifolia*.

Au niveau taxonomique, le genre *Vanilla* a été initialement structuré par Rolphe en deux sections (*Aphyllae* et *Foliosae*) sur la base de la présence de feuilles entières ou de feuilles réduites à des bractées pouvant rapidement sécher et disparaître. La section des *Foliosae* a ensuite été divisées par Portères (1954) en trois sous-sections (*Lamellosae*, *Papillosae* et *Membranaceae*) principalement définies par le type d'ornementation présent sur le labelle. Mais cette classification est invalidée par les analyses phylogénétiques dérivées des données moléculaires récentes.

1\ Apports récents de la génétique moléculaire

Depuis une dizaine d'années les outils modernes de la génétique moléculaire ont été appliqués aux vanilliers; séquençage de gènes nucléaires ou chloroplastiques (Cameron, 2004; Cameron et al., 1999; Cameron & Molina, 2006; Soto-Arenas, 1999, Besse et al., 2009), RAPD (Besse et al., 2004, Schlüter et al., 2007; Minoo et al., 2008), AFLP (Duval et al., 2006, Bory et al., 2008, Lubinsky et al., 2008), SSR (Bory et al., 2008b). Ces techniques permettent de préciser la position taxonomique des différentes espèces (Bory et al., 2008, Lubinsky et al., 2008b), de mesurer la diversité génétique des espèces, de révéler les mécanismes d'évolution et d'affiner la phylogénie du genre *Vanilla*. Ils ouvrent la possibilité de mettre au point des outils d'identification des cultivars comme le bar coding (Cameron, 2005) ou d'assistance pour l'amélioration génétique.

Au regard des données phylogénétiques, la structuration des espèces de vanilliers apparaît plutôt consécutive à l'expansion géographique du genre notamment par migrations trans-océaniques; d'Amérique en Afrique d'abord, puis d'Afrique vers les îles continentales de l'océan Indien, l'Inde et l'Asie, et plus récemment une branche de vanilliers aphylls issue d'un ancêtre africain à colonisé les Caraïbes. Ces événements de migration ont probablement permis, par effet fondateur, la génération d'espèces nouvelles. Mais deux autres facteurs ont aussi contribué à la diversification du genre: l'hybridation interspécifique et la polyploïdisation. L'analyse du polymorphisme enzymatique de populations endémiques de Porto Rico a montré l'existence d'hybrides naturels entre *V. claviculata* et *V. barbellata* (Nielsen & Siegmund, 1999 ; Nielsen et al., 2000). De même l'origine hybride de *V. tahitensis*, pressentie depuis une cinquantaine d'années, a été récemment démontrée à l'aide de marqueur AFLP (Lubinsky et al., 2008). Les vanilliers *V. tahitensis*, qu'on n'a retrouvé que dans les îles du Pacifique, dériveraient de croisements entre deux espèces américaines : *V. planifolia* et *V. odorata*. Ces cas de pollinisations interspécifiques naturelles concernent des espèces sympatriques génétiquement proches. Mais la capacité de vanilliers d'espèces génétiquement éloignées à produire une descendance hybride été rapportée aux Comores (*V. planifolia* x *V. humblotii*) (Bouriquet, 1954) et plus récemment en Inde entre *V. planifolia* et *V. aphylla* (Minoo et al., 2006), à la suite de pollinisation manuelles croisées. D'autre part, les phénomènes de polyploïdisation détectés au niveau intra-spécifique chez *V. planifolia* et *V. tahitensis* (Duval et al., 2006) permettent très probablement d'expliquer les tailles de génomes très élevées observées pour certaines espèces comme *V. crenulata* (Bory, 2008). La taxonomie actuelle des vanilliers doit donc être profondément révisée à la lumière de ces données pour mieux rendre compte de l'histoire évolutive complexe du genre *Vanilla* (Figure 1).

variants similaires à « Grosse vanille » ou « Stérile » et d'autres, ont été décrits au Mexique, mais leur origine n'a pas été déterminée.



Figure 2 : Diversité morphologique des vanilliers cultivés à la Réunion (d'après, Bory et al 2007)

3\ Les vanilliers Aphylls du Sud-Ouest de l'Océan Indien (SOOI)

La section Aphyllae des vanilliers comprend 18 espèces, réparties sur les 3 continents. Dans la zone Océan Indien (Figure 3) on dénombre 7 espèces de vanilliers aphylls ; *V. decaryana*, *V. madagascariensis*, *V. montagnacii*, *V. perrieri* (endémiques de Madagascar), *V. phalaenopsis* (endémique des Seychelles), *V. roscheri* (décrite à Zanzibar et Pemba) et *V. humblotii* (endémique des Comores) (Portères, 1954).

L'aphyllie représente un trait adaptatif majeur à la sécheresse ce qui permet à ces espèces endémiques de l'Océan Indien de croître sur des rochers littoraux, dans des forêts tropicales très sèches ou sur des sols sableux. D'autre part, les tiges de certaines de ces espèces, appelées 'vanihamalo', sont exploitées dans la tisanerie traditionnelle malgache pour leurs propriétés stimulantes et aphrodisiaques (Figure 4).

En plus de ces espèces aphylls, Madagascar possède trois espèces feuillues endémiques, *V. françoisii*, *V. coursii* et *V. ramosa* dont la distribution et les caractéristiques sont également très mal documentées.

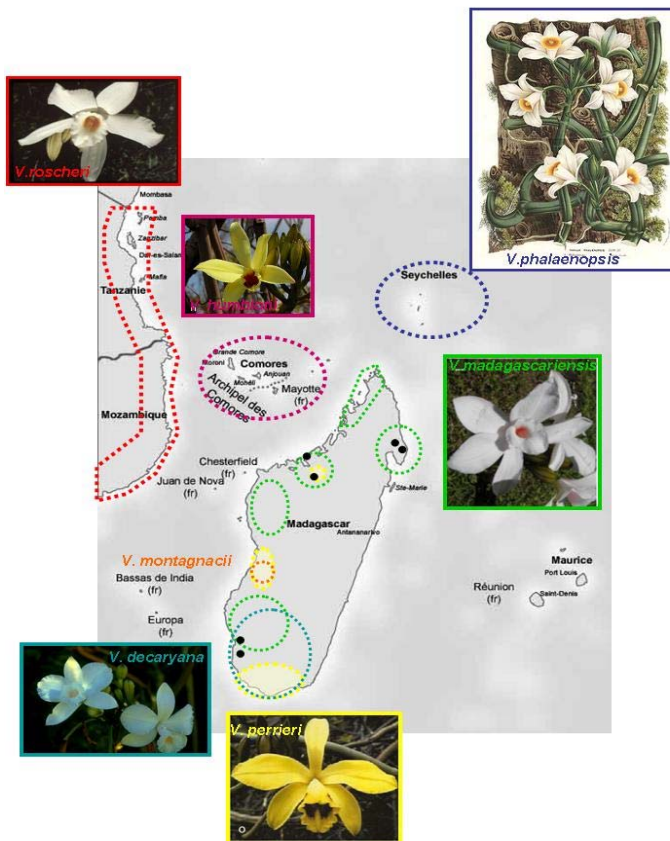


Figure 3 : Les espèces Aphyllé de l'Océan Indien (d'après Besse, 2008)



Figure 4 : 'Vanihamalo' vendue sur les marchés de Madagascar (d'après Besse, 2008)

L'amélioration génétique des vanilliers

Du fait de la très faible diversité du matériel végétal cultivé, le vanillier a fait l'objet de programmes d'amélioration génétique dès les années 1950 à Puerto Rico (Childers & Cibes, 1948) et à Madagascar (Bouriquet, 1954), notamment dans le but de créer des

variétés plus résistantes à la fusariose. Ces travaux ont essentiellement été réalisés par croisements interspécifiques. Des tentatives d'obtention de vanilliers mutés par irradiation n'ont pas abouti (IRAM, 1972). Un travail colossal d'hybridations a en particulier été réalisé à Madagascar, sur la station d'Ambohitsara près d'Antalaha où plus de 30.000 hybrides ont été créés puis évalués dans les années 1950-1970 (Delassus, 1963; Dequaire, 1976). Des vanilliers remarquables ont ainsi été obtenus au cours de ce programme comme les hybrides Manitra Ampotony (*V. planifolia* X *V. pompona*) et Tsy Taitra ((*V. planifolia* X *V. pompona*) X *V. pompona*) et diffusés par le Fofifa (Nany, 1996). Hélas, une très grande partie de la diversité biologique rassemblée (géniteurs) ou créée (hybrides) dans ce programme a aujourd'hui disparu (Grisoni et al., 1997; Leclercq-Le Quilic & Nany, 2000) faute de mesures de conservation adéquates. Quoi qu'il en soit, ces travaux ont démontré le potentiel d'accroissement de la diversité génétique des vanilliers et d'obtention de cultivars améliorés par autofécondation ou par croisement interspécifique.

Cependant, le cycle de reproduction sexuée du vanillier est long. Il faut au moins 5 ans d'efforts et d'attentions pour obtenir un fruit à partir d'une graine de vanillier. D'autre part, le taux de germination de graines, dépourvues de réserves, est très faible, et les individus issus d'autofécondation ou d'hybridation souffrent fréquemment de gènes délétères ou d'aberrations chromosomiques les rendant non viables ou stériles. L'amélioration génétique des vanilliers par reproduction sexuée représente donc un travail fastidieux et de longue haleine.

Les connaissances acquises ces dernières années en matière de génétique de la plante et les initiatives existant pour préserver et partager les RG de vanille (Grisoni et al., 2007) fondent néanmoins des espoirs de créer des vanilliers dotés de caractéristiques intéressantes avec les méthodes conventionnelles d'amélioration génétique. Parmi les caractères d'intérêt identifiés dans le pool génétique des vanilliers qui pourraient être utilisés on peut mentionner :

- La résistance aux maladies (Fusariose): *V. pompona*, *V. aphylla*, *V. madagascariensis*, *V. bahiana*
- L'indéhiscence des fruits : *V. tahitensis*, *V. pompona*, *V. trigonocarpa*, *V. chamissonis*
- Le profil aromatique: *V. tahitensis*, *V. pompona*, *V. bahiana*, *V. chamissonis*, *V. odorata*, ...
- L'adaptation à la sécheresse: section des Aphyllae
- L'autofertilité: *V. palmarum*, *V. lindmaniana*

En Inde, des travaux d'amélioration génétique par croisement sont en cours. Des hybrides interspécifiques ont été réalisés notamment entre *V. planifolia* et *V. aphylla* (Minoo et al., 2006). Un programme de production d'hybrides a aussi été initié par le Cirad à La Réunion au sein du Centre de Ressources Biologique (CRB) VATEL.

Les outils de séquençage à très haut débit se développent rapidement et il est probable qu'à court terme on dispose d'une ou plusieurs séquences complètes de génomes de vanilliers. Ces données, couplées à la maîtrise d'outils comme la culture et la régénération de protoplastes (Minoo et al., 2008), permettent d'imaginer la création à relativement brève échéance de vanilliers améliorés par l'emploi de procédés biotechnologiques.

Déroulement de la mission

La mission de prospection dans la SAVA s'est déroulée entre le 18 mai et le 02 juin 2009. Elle a été réalisée conjointement à celle relative à l'évaluation des problèmes phytosanitaires affectant les plantations de vanille dans la SAVA, afin de mieux appréhender les interactions éventuelles entre génotype et état sanitaire des vanilliers. Le calendrier de réalisation de la mission est détaillé en annexe 1.

Stratégie d'échantillonnage

Les prospections ont été concentrées sur les districts de Sambava et d'Antalaha, correspondant à la zone d'intervention du Projet Vanille conduit par le CHTT et SAF/FJKM, en maximisant le nombre de communes visitées pour couvrir le plus largement la zone à prospecter. A la demande des experts, la ville d'Andapa a été rajoutée en raison de ses caractéristiques pédo-climatiques particulières (cuvette de moyenne altitude, climat plus humide, récolte plus tardive). Sur chaque commune, les parcelles visitées ont été choisies en concertation avec les responsables locaux (moniteurs SAF/FJKM et chefs de quartier) selon les critères suivants : Type de culture (traditionnel/ Stabex), problèmes phytosanitaires connus, existence de phénotypes particuliers, accessibilité.

Au total 65 parcelles, représentées sur la Figure 5, ont été visitées dans les districts de Sambava (45), Antalaha (16) et Andapa (4). La station vanille d'Ambohitsara où le Fofifa maintient différents géniteurs et hybrides de vanilliers a également été visitée. Les coordonnées GPS des parcelles prospectées sont précisées en annexe 2.



Figure 5 : Localisation des parcelles visitées dans la SAVA

La liste du matériel végétal collecté pour les analyses génétiques est détaillée dans le tableau 1.

Personnes rencontrées

En plus des agriculteurs exploitant les parcelles visitées (annexe 2) qui nous ont fourni des informations importantes pour l'évaluation de la diversité génétique et phénotypique, différentes personnes ont été rencontrées au cours de la mission. Chacune a apporté un appui ou un éclairage utile au bon déroulement de la mission. Il s'agit en particulier de :

Nom	Organisme	Fonction
Narson RAFIDIMANANA	CTHT	Président
Rico BESON	CTHT	Agronome responsable du projet vanille (Tamatave)
Loth NJAKA	CTHT	Agronome vanille (Sambava)
Arsène RAOELISON	CTHT	Agronome vanille (Antalaha)
Michel JAHIEL	CIRAD	Technologue
Fleuron NANY	FOFIFA	Responsable zone Est
Michel HERSSSENS		Ancien expert STABEX vanille
Jean Armand RANDRIAMAMPIANINA	Min. Agri.	Directeur SPV
J. Stéphan RANDRIANANGALY	Min. Agri.	Phytopathologiste SPV

Observations de terrain

Vanilliers ordinaires (*V. planifolia*)

Le développement végétatif du vanillier est très sensible aux conditions d'environnement. En fonction de l'éclairement, du stade phénologique de la nature du substrat ou de la vigueur du plant, les caractères morphologiques des feuilles et tiges (couleur, taille, forme) peuvent varier dans des proportions importantes. Cela rend difficile sur le terrain l'identification des espèces sur le seul critère de la morphologie de l'appareil végétatif. Cette difficulté est encore accrue s'il s'agit de distinguer au champ des variétés d'une même espèce. Seule l'observation attentive des plants dans la durée ou leur culture en conditions contrôlées permet de repérer les génotypes originaux. Pour cette raison nous nous sommes principalement appuyés sur la connaissance qu'ont les planteurs de leurs lianes pour tenter de recenser les variétés particulières pouvant être présentes dans les vanilleraies.

Une autre approche possible pour repérer les cultivars spécifiques consisterait à interroger les préparateurs qui, très sensibles aux qualités des fruits, et manipulant les récoltes de plusieurs planteurs, peuvent souvent repérer des lots différents et localiser la parcelle d'origine. Cette démarche qui a cependant l'inconvénient de ne s'intéresser qu'aux caractères des fruits, n'a pu être entreprise faute de temps.

Après enquête auprès des planteurs des trois régions visitées seuls trois phénotypes ont été identifiés dans les plantations traditionnelles de la SAVA: type 'ordinaire', type 'Panachée' et type 'Mexique'.

Vanille ordinaire ou Vanille 'gasy'

C'est le type que l'on rencontre quasi exclusivement dans les plantations et qui représente donc plus de 99.9 % des boutures. Il doit dériver, par reproduction végétative continue, de la lignée originelle introduite dans l'Océan Indien au milieu du XIX^{ème} siècle.

Vanille panachée ou *V. planifolia variegata*

Il s'agit de vanilliers dont certaines lignées cellulaires ont perdu par mutation l'aptitude à synthétiser la chlorophylle. Cela se traduit par des stries jaunes résultant de l'alignement de ces cellules mutées lors de l'allongement des organes concernés. Cette mutation se produit assez fréquemment chez les vanilliers cultivés. Elle se maintient par bouturage mais est réversible, pouvant donner à nouveau le phénotype entièrement chlorophyllien. Ce type panaché ne présente pas d'autre intérêt qu'esthétique.

Deux individus de ce type ont été rencontrés au cours de la prospection (Figure 6). L'un apparu spontanément dans la parcelle #25, l'autre planté dans un jardin de Sambava (parcelle # 42).

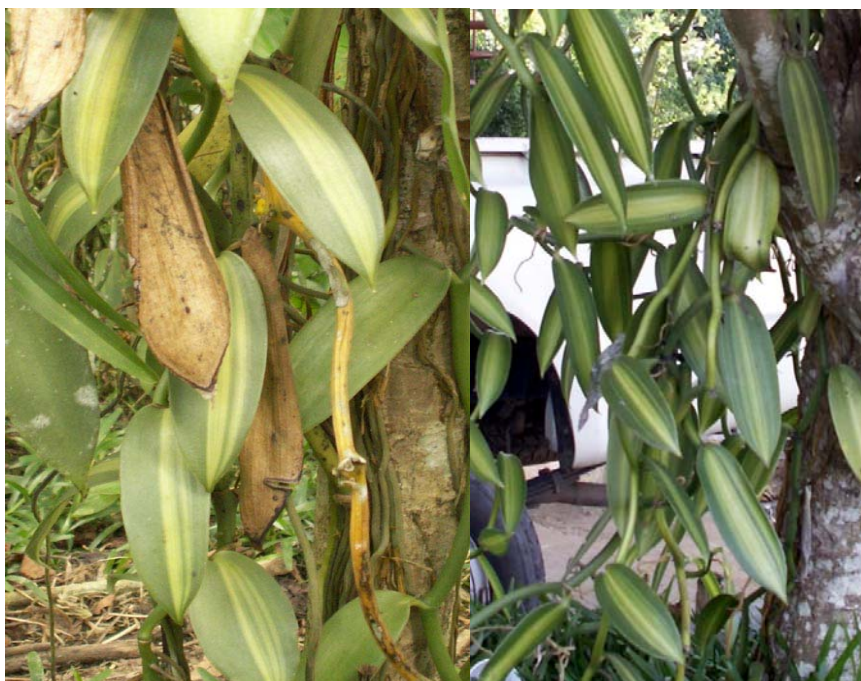


Figure 6 : Vanilliers à feuilles panachées.

Vanille 'Mexique'

Ce type est caractérisé par des feuilles de grande taille, des tiges de diamètre élevé et des fruits plus gros et triangulaire par rapport à ceux de *V. planifolia* ordinaire. Un examen plus précis des plants révèle cependant un polymorphisme certain parmi les plants qualifiés de 'Mexique'.

Par exemple dans la parcelle #25, deux types de vanilliers 'Mexique' ont été trouvés. L'un (Figure 7A), très vigoureux, présente des feuilles très grandes et pointues et des fruits larges, côtelés, peu aromatiques, ce qui suggère qu'il s'agit d'un plant de l'espèce *V. pompona*. L'autre (Figure 7B) a des feuilles plus arrondies, des fleurs et des fruits du type de ceux de *V. planifolia* mais plus gros, les fruits sont plutôt cylindriques et ont un arôme acceptable. Ce second type pourrait être soit un *V. planifolia* tétraploïde ou un hybride de *V. pompona* issu de la station vanille d'Ambohitsara. Le fait que ces plants du deuxième type soient infectés par le CymMV incline vers la seconde hypothèse.



Figure 7 : Deux types de vanilliers 'Mexique' rencontrés sur la parcelle #25

Au total 11 individus de type 'Mexique' ont été recensés dans les parcelles, la plupart se rapprochant du type P#25-B (Figure 8).



Figure 8 : Fruits du vanillier type 'Mexique' majoritaire.

L'appellation 'Mexique' recouvre donc une réalité assez diverse avec des plants pouvant appartenir à l'espèce *V. planifolia* (tétraploïde), à *V. pompona* ou encore avoir une origine hybride plus ou moins complexe. Seule l'analyse génétique (SSR et séquences nucléaires et chloroplastique) à partir du matériel collecté permettra de préciser la position taxonomique de ces vanilliers de type 'Mexique' qui ne peuvent être confondus avec ceux de la vanille *planifolia* ordinaire.

Il est assez surprenant que d'autres variants comme ceux décrits à la Réunion ('Aiguille', 'Grosses vanilles' polyploïdes) n'aient pas été repérés dans les plantations de Madagascar. Les mécanismes supputés pour l'apparition de ces génotypes, mettent en jeu à un moment donné la reproduction sexuée. Celle-ci aboutissant rarement à une descendance viable, il est possible que de tels variants existent mais soient très peu nombreux dans les plantations ou qu'ils aient échappé à l'observation des planteurs que nous avons rencontrés.

En conclusion : Une très faible diversité génétique a été observée dans les plantations de la SAVA. Les quelques variants trouvés sont très rares et représentent moins d'un dix millièmes des récoltes. D'autre part ils sont souvent préparés séparément de la vanille ordinaire. Le fond génétique des gousses à l'origine de la vanille Bourbon produite à Madagascar paraît donc extrêmement homogène.

Vanilliers améliorés de la station vanille d'Ambohitsara

La station vanille d'Ambohitsara maintient 13 géniteurs et 19 hybrides listés et brièvement décrits dans les tableaux 2 et 3. C'est tout ce qu'il reste aujourd'hui des 144 hybrides retenus après l'évaluation des 1000 hybrides sélectionnés à partir des 30.000 plants de semis obtenus dans les années 1960. Depuis le recensement de 2000, 10 géniteurs ont été perdus (V8, V24=H, V33, V46, V50, V79, V103, V107, V108, V109). Curieusement, car l'identification des variétés semble assurée de façon minutieuse, un nouveau numéro est présent (V28). Concernant les hybrides, deux variétés ont été

perdues (FxF et (FxFh)x(FxH)). Le personnel du Fofifa, peu nombreux sur le site (6 permanents pour 50 ha) fournit un travail important pour maintenir le matériel, à la fois dans une ombrière de collection (Figure 9) et dans des parcelles de comportement sur tuteur vivant (Figure 10). Cependant, malgré leurs efforts, ces agents assistent impuissants à l'érosion continue du patrimoine génétique qui s'amenuise au fil des ans à l'instar des infrastructures, réduites aujourd'hui à deux bâtiments.



Figure 9: Hybrides et géniteurs conservés sous ombrière à la station Fofifa d'Ambohitsara.



Figure 10 : Parcelles de conservation des hybrides à la Station Fofifa d'Ambohitsara

Deux variétés améliorées issues de la station vanille ont été diffusées par le Fofifa en 1995 (Manitra ampotony et Tsy taitra). Alors que la première semble peu demandée par les producteurs malgré son fort potentiel aromatique, la seconde fait l'objet de plantations spécifiques (parcelles #68 et #70). Sa résistance à la fusariose, qui est évidente dans la parcelle #70 où elle est en mélange avec la vanille traditionnelle (Figure 11), compense largement ses qualités organoleptiques légèrement inférieures à celle de la vanille ordinaire.



Figure 11 : Vanillier ordinaire sévèrement atteint par la fusariose (à gauche) à coté d'un vanillier hybride 'Tsy taitra' résistant à la maladie (à droite). En dessous, gousses fraîchement préparées de vanille 'Tsy taitra'.

Une bouture de chacune des variétés présentes dans l'ombrière de la station vanille a été collectée en vue d'en contrôler l'état sanitaire et la position taxonomique mais surtout pour initier le sauvetage et l'assainissement de ces ressources.

En conclusion, *La station vanille continue à maintenir des RG uniques mais qui sont pour la plupart virosées, assez peu documentées (potentiel agronomique ou aromatique) et qui disparaissent peu à peu. Ces RG ont une valeur inestimable mais pour qu'elles puissent être valorisées il importe de revoir complètement leur stratégie de conservation.*

Les vanilliers endémiques de Madagascar

Sept espèces de vanilliers endémiques ont été décrites à Madagascar (Portères, 1954). Il s'agit, parmi les Foliosae, de *V. françoisii*, *V. coursii* et *V. ramosa*, et parmi les

Aphyllae, de *V. madagascariensis*, *V. perrieri*, *V. decaryana* et *V. montagnaci*. Une majorité des signalements de ces espèces a été effectuée dans l'Ouest et le Sud de l'île, mais quelques individus de *V. madagascariensis*, *V. françoisii* et *V. coursii* ont aussi été observés dans le Nord Est.

Ces espèces paraissent totalement inconnues des agriculteurs et encadrants de la SAVA que nous avons rencontrés et aucun vanillier sauvage n'a pu être observé au cours de la prospection.

Le matériel collecté

Soixante deux boutures ont été collectées puis introduites dans la quarantaine NS2 du CIRAD à la Réunion (LOA #09/RE2/00955) afin de disposer de matériel frais pour les analyses moléculaires. En accord avec la convention de Rio sur la biodiversité ces RG sont couvertes par un accord de transfert de RG (MTA) conclu avec le CTHT. Les numéros d'accession de ce matériel au sein de la collection CIRAD sont précisés dans le tableau 1.

A l'issue de la quarantaine les lianes collectées seront incorporées à la collection de ressources maintenue par le Cirad à St Pierre (CRB VATEL, La Réunion). Des boutures, certifiées au plan sanitaire et variétal, de chaque accession pourront être renvoyées à leur propriétaire tant que de besoin. Mais d'ores et déjà, ce matériel présent localement peut constituer la base pour un schéma de production de boutures certifiées au plan génétique et sanitaire.

Résultats des analyses moléculaires

Etat sanitaire des ressources génétiques

Dans un premier temps, chaque bouture a été testée par ELISA pour rechercher la présence éventuelle des principaux virus décrits chez les vanilliers (*Cymbidium mosaic virus* (CymMV), *Odontoglossum ringspot virus*, *Cucumber mosaic virus* et *Potyvirus* spp.). Les résultats de l'indexage sont détaillés dans le tableau 1.

Toutes les boutures de vanilliers ordinaires ainsi que celles des vanilliers de type Mexique sont saines (indemnes de virus), à l'exception de celles issues de la parcelle #25 qui sont infectées par le CymMV. Ce constat est conforme à l'état général des plantations villageoises pour lesquelles une incidence modérée des virus a été déterminée (cf. rapport de la mission phytopathologie).

En revanche presque toutes les RG conservées à la station vanille d'Ambohitsara sont infectées par le CymMV, comme cela avait été révélé par les analyses antérieures (Grisoni et al., 1997; Leclercq LeQuillec & Nany, 2000). Les trois individus trouvés indemnes de CymMV sont les hybrides (FxP)x(FxH), Fx(FxP) et FxP₅) qui ont tous une parenté avec l'espèce *V. pompona*. Compte tenu de l'ancienneté de la présence de CymMV sur la station (plus de 10 ans) et de la haute transmissibilité mécanique du CymMV, il est possible que ces hybrides aient hérité du caractère de résistance au CymMV que nous avons mis en évidence récemment chez *V. pompona* (non publié).

Génotypage

Pour l'identification taxonomique et l'appréciation de la diversité génétique des individus collectés trois types de marqueurs moléculaires ont été employés :

- Séquençage d'ADN chloroplastique (gène *rbcL* et région intergénique *psbC* - *trnS*)
- Séquençage d'ADN nucléaire (ITS)
- Profil SSR (amorces CIR31 & CIR25)

Ces analyses ont été réalisées au Pôle de Protection des Plantes (3P) à Saint Pierre (La Réunion). L'ADN cellulaire a été extrait des boutures collectées selon la méthode de Bory et al.(2008d). Après amplification par PCR avec les amorces appropriées, les ADN cibles ont soit été séquencés directement (Cogenics, UK) soit caractérisés au laboratoire du 3P par électrophorèse capillaire (SSR). Des accessions de référence issue de la collection du Cirad à La Réunion (CRB VATEL) ou des bases de données nucléotidiques (Genbank) ont été incluses pour l'analyse. Les données ont été analysées avec les logiciels Bioedit, Mega et Gene-mapper. Les résultats du génotypage moléculaire des accessions collectées sont rassemblés dans le tableau 4.

Données de séquençage

Les chloroplastes sont dotés d'un chromosome haploïde à transmission maternelle ce qui rend l'étude de leur génome simple et intéressante pour les analyses phylogénétiques. Le gène codant pour la grosse unité de la Ribulose-biphosphate-carboxylase (rbcL) permet de très clairement séparer les vanilliers collectés en trois groupes spécifiques *V. planifolia* + *V. tahitensis*, *V. bahiana* et *V. pompona* (Figure 12). L'utilisation sur le même principe de la région intergénique (psbC-trnS) confirme et affine légèrement la séparation des types génétiques en fonction du parent maternel (tableau 4)

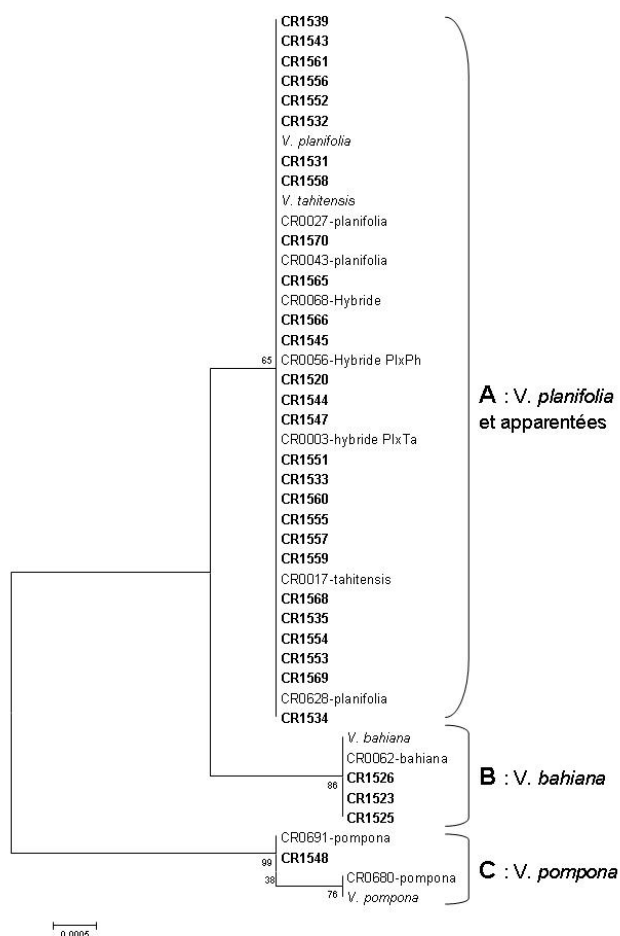


Figure 12 : Arbre phylogénétique obtenu par neighbour-joining (Distance de Jukes & Cantor) à partir des séquences nucléotidiques du gène rbcL (1337 nt) pour les vanilliers collectés et quelques échantillons de référence, faisant apparaître trois groupes phylogénétiques (A, B et C) supportés par un *bootstrap* supérieur à 60%.

Cette classification est globalement en accord avec les observations morphologiques et l'identification des accessions par le Fofifa. Les accessions non identifiées CR1523, 1525 et 1526 s'apparentent ainsi l'espèce brésilienne *V. bahiana*. Les vanilliers 'Mexique' (CR1551 à 1561) s'apparentent tous, du point de vue chloroplastique, au groupe *V. planifolia*, comme les vanilliers ordinaires.

Les séquences ITS issues du génome nucléaire ont une double origine, paternelle et maternelle. Leur utilisation en séquençage direct est donc plus délicate notamment dans le cas d'individus issus de croisements interspécifiques. Les données obtenues permettent néanmoins d'affiner le génotypage du matériel végétal (tableau 4). Ainsi par exemple une composante *V. pompona* est mise en évidence chez certains vanilliers 'Mexiques' traduisant leur nature hybride entre *V. planifolia* et *V. pompona*. Ce

marqueur permet en outre de distinguer *V. tahitensis* de *V. planifolia*, alors que les deux espèces sont indiscernables au niveau de l'ADN chloroplastique.

Données microsatellites (SSR)

Ces marqueurs co-dominant permettent de confirmer la nature hybride des individus issus de recombinaisons génétique ou d'apprécier le polymorphisme intra-spécifique. Les microsatellites (SSR) cir25 et cir31 qui ont été utilisés sont transposables sur plusieurs espèces de vanilliers et polymorphes entre ces espèces. Ils ont ainsi permis de confirmer et préciser la position taxonomique des échantillons collectés. Ainsi les vanilliers ordinaires 'Gasy' présentent tous une hétérozygotie pour cir25 (allèles 231 et 233 nt) et une homozygotie sur cir31 (allèle 348 nt) conformément à l'espèce *V. planifolia*. Les vanilliers 'Mexique' présentent tous des allèles spécifiques à *V. pompona*, allèle 229nt/cir25 et allèle 342/cir31. La plupart de ces individus semblent polyploïdes (3 allèles sur cir25). Les accessions CIR1523 et 1526 présentent des allèles particuliers qu'on ne retrouve que chez *V. bahiana* (225nt/cir25) et/ou *V. phaeantha* (341nt/cir31).

Conclusions

Au final les analyses moléculaires montrent que tous les vanilliers ordinaires 'Gasy' présentent l'ensemble des caractères génétiques typiques de l'espèce *V. planifolia*. Les vanilliers 'Mexique' résultent (à l'exception possible de CR1553) d'un croisement entre *V. planifolia* et une espèce apparentée à *V. pompona*. Ils peuvent se subdiviser en deux types selon le marqueur associé à *V. pompona* (ITS ou SSR) en accord avec les observations phénotypiques. Les accessions CR1523, 1525 et 1526, répertoriées comme *V. sp.* par le Fofifa appartiendraient à l'espèce *V. bahiana* ou *V. phaeantha*. L'accession CR1545 (notée K256) serait un hybride entre *V. planifolia* et *V. pompona*.

Pour la plupart des hybrides du Fofifa les marqueurs génétiques observés sont compatibles avec leur parenté présumée. Une exception notable est l'hybride CR 1533 (A55-295) supposé résulter d'un croisement *V. planifolia* x *V. tahitensis* Haapape, et qui apparaît dans notre analyse comme un hybride entre *V. planifolia* et *V. pompona*. Inversement, l'accession CR1534, notée comme un rétro-croisement *V. planifolia* x (*V. planifolia* x *V. phaeantha*) ne possède que les marqueurs de *V. planifolia* et de *V. tahitensis*.

Ces quelques résultats illustrent l'aide puissante que peuvent apporter les outils moléculaires à la gestion des ressources génétiques. Une analyse plus fine des données recueillies dans cette étude et l'emploi de marqueurs complémentaires permettraient la caractérisation détaillée et complète des ressources génétiques de Madagascar.

Conclusions et recommandations / plan d'actions

Le matériel végétal cultivé dans la SAVA paraît génétiquement très homogène confirmant l'assise de la production de vanille Bourbon de Madagascar sur un cultivar unique. Des variants (vanilliers dit 'Mexique' notamment) existent dans les parcelles, mais ils sont rares et commercialisés séparément de la vanille traditionnelle. Ces plants montrent un certain polymorphisme génétique et phénotypique mais ne sont pas caractérisés sur le plan qualitatif. Parmi les RG diversifiées issues de la station vanille d'Ambohitsara certaines comme les variétés Manitra ampotony et Tsy taitra présentent indéniablement un potentiel (qualité des gousses et/ou résistance à la fusariose) et pourraient faire l'objet d'un développement sur des marchés spécifiques. Malheureusement ces variétés et l'ensemble des RG originales conservées à la station vanille sont virosées (CymMV) et disparaissent peu à peu faute de procédure de conservation appropriée.

Pour ces raisons il nous semble indispensable et urgent de mettre en place un plan national de gestion des RG vanille de Madagascar dont l'objectif sera d'évaluer, assainir, conserver, diffuser et valoriser ce matériel végétal et les informations y afférant. Il s'agit d'un enjeu majeur pour sécuriser et développer la filière vanille de Madagascar qui repose actuellement sur une base génétique très étroite.

Quelques actions à court terme peuvent être proposées pour le sauvetage des RG et la mise en place d'une stratégie de conservation, d'évaluation et de propagation du matériel végétal. Elles ne prennent tout leur sens que si elles s'inscrivent dans une vision à long terme de la filière. Pour mener à bien ces actions il importera également de s'appuyer sur des compétences locales bien formées, et en associant l'ensemble des acteurs de la filière vanille en particulier le Ministère de l'agriculture et le Fofifa qui dispose de compétences reconnues sur la vanille. Une alliance avec des partenaires disposant d'expérience dans la gestion des RG de vanillier est aussi souhaitable pour effectuer des transferts de technologie et compléter la formation des agents impliqués dans la filière. Le CRB VATEL (Cirad) implanté au sein du Pôle de Protection des Plantes de La Réunion pourrait collaborer à la mise en œuvre de ce plan.

Les actions suivantes sont proposées :

1/ Constitution d'un conservatoire de RG saines

Il s'agit de rassembler en un lieu, à des fins de conservation essentiellement, les génotypes de vanilliers indemnes de virus afin de les préserver des risques de contamination virale et de la destruction par les cyclones. Cette collection de RG sera préférentiellement implantée en dehors de la SAVA pour limiter le risque de contamination par les maladies. Il faudra prévoir également de sécuriser cette collection en établissant un double sur un autre site ou *in vitro*.

Ce conservatoire sera alimenté par les ressources saines disponibles localement, par les ressources locales virosées après qu'elles aient été assainies et il pourra être fait appel à des introductions en provenance de CRB disposant de matériel végétal sain.

Compte tenu de la quantité de travail et du temps nécessaire pour obtenir un hybride viable de vanillier (une dizaine d'années au moins), l'assainissement des hybrides déjà créés et viables disponibles à la station vanille se justifie pleinement. Cela peut être réalisé en une vingtaine de mois par passage in vitro, chimiothérapie (ribavirine) et culture de méristème dans un laboratoire disposant d'équipements standard pour la culture in vitro.

2/ Mise en place d'un schéma de production de boutures certifiées

En raison du fort taux d'infection par le CymMV des vanilliers hybrides et du risque croissant de dissémination du virus également par les boutures de vanilliers 'ordinaires', il est préconisé de mettre en place à l'échelle régionale voire nationale **un schéma production de matériel végétal certifié indemne de virus**. Il s'agit de mettre en oeuvre les procédures appropriées de multiplication, de contrôle et de traçabilité permettant la certification sanitaire et variétale du matériel végétal mis à disposition des planteurs. De tels schémas ont été développés avec succès à La Réunion et en Polynésie française et peuvent être adaptés au contexte et à l'échelle de la SAVA.

Ce dispositif devra en particulier pouvoir s'appuyer sur un laboratoire de diagnostic viral. En utilisant des kits de dépistage rapide du CymMV, tels les immunostrips commercialisés par la société Agdia (USA, www.agdia.com), ces contrôles sanitaires pourront aisément être mis en oeuvre dans les conditions de Madagascar. D'autre part la mobilisation de personnel qualifié est indispensable pour réaliser les tests virologiques et mettre en oeuvre des procédures appropriées de gestion du matériel végétal.

3/ Caractérisation et sélection de RG améliorées pour Madagascar

Les RG de Madagascar, comme de nombreuses autres, sont assez mal documentées. En particulier, les informations attachées aux hybrides créés sur la station vanille sont aujourd'hui difficilement accessibles et une grande part est probablement perdue. Il nous paraît donc urgent de tenter de rassembler toute la littérature grise décrivant ce matériel et de mémoriser les connaissances encore détenues par les personnes ayant contribué à leur acquisition.

Parallèlement, la mise en place de champs de comportement avec du matériel indemne de virus et dûment caractérisé au plant génétique permettra d'acquérir des données objectives caractérisant ce matériel.

A plus long terme il est aussi envisageable de sélectionner des individus plus performants notamment pour la résistance à la fusariose ou la qualité aromatique des gousses qui sont des enjeux majeurs pour la vanille dans le monde. En effet, la création de variétés résistantes à la fusariose constitue le moyen le plus réaliste pour lutter efficacement et économiquement contre cette maladie qui représente la contrainte phytosanitaire majeure dans la SAVA (cf. mission phytopathologie). Cet objectif est un objectif à moyen terme qui nécessite de mobiliser des moyens de recherche sur plusieurs années, mais le matériel de départ ainsi que les méthodologies sont d'ores et déjà disponibles.

4/ Valorisation des RG endémiques (vanihamalo)

Parmi de RG endémiques de Madagascar, les vanihamalo un type de vanillier aphyllé réputé pour ses propriétés stimulantes mériterait d'être mieux caractérisé. En effet bien que commercialisé sur les marchés on ignore presque tout du produit ; Quelle espèce est utilisée ? (il y a quatre espèces aphyllées recensées à Madagascar), quelle est la biologie de ces espèces ? (notamment en matière de reproduction), quel est l'état des populations ? (inventaire des gîtes, niveaux collectes/ressources), Quels sont les principes actifs en jeu ? La réalisation d'un travail de recherche sur ces espèces permettrait de répondre assez rapidement à ces questions et consoliderait ce volet de la pharmacopée malgache.

Au-delà de l'aspect médicinal, ces espèces sont très probablement dotées de gènes d'intérêt tels que l'adaptation à la sécheresse, la résistance au fusariose ou l'autofertilité dans les conditions de Madagascar. En cela elles intéressent donc les producteurs de vanille (Bourbon) soit indirectement pour l'amélioration génétique de *V. planifolia*, soit comme une alternative pour la culture de vanillier médicinaux.

Références bibliographiques

- Besse, P., Da Silva, D., Bory, S., Grisoni, M., Le Bellec, F., and Duval, M.-F. (2004) RAPD genetic diversity in cultivated vanilla : *Vanilla planifolia*, and relationships with *V. tahitensis* and *V. pompona*. *Plant science* **167**: 379-385.
- Besse, P., Da Silva, D., Bory, S., Noirot, M., and Grisoni, M. (2009) COMT intron-size variations in *Vanilla* species (Orchidaceae). *Plant Science* **176**: 452-460.
- Bory, S., Catrice, O., Brown, S., Leitch, I., Gigant, R., Chiroleu, F., Grisoni, M., Duval, M.-f., and Besse, P. (2008a) Natural polyploidy in *Vanilla planifolia* (orchidaceae). *Genome* **51**: 816-826.
- Bory, S., Da Silva, D., Risterucci, A.-M., Grisoni, M., Besse, P., and Duval, M.-F. (2008b) Development of microsatellite markers in cultivated vanilla: Polymorphism and transferability to other vanilla species. *Scientia Horticulturae* **115**: 420-425.
- Bory, S., Grisoni, M., Duval, M.-F., and Besse, P. (2008c) Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. *Genetic Resources and Crop Evolution* **55**: 551-571.
- Bory, S., Lubinsky, P., Risterucci, A.-M., Noyer, J.-L., Grisoni, M., Duval, M.-F., and Besse, P. (2008d) Patterns of introduction and diversification of *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) in Reunion island (Indian Ocean). *American Journal of Botany* **95**: 805-815.
- Bouétard, A. (2007) Utilisation de marqueurs chloroplastiques pour l'identification spécifique et l'élucidation des relations phylogénétiques au sein du genre *Vanilla*. Pau: Univ. Pau et pays de l'Adour, pp. 33.
- Bouriquet, G., (ed) (1954) *Le vanillier et la vanille dans le monde*. Paris: Editions Paul Lechevalier.

- Cameron, K.M. (1999) Biogeography of Vanilloideae (Orchidaceae). In *XVI International Botanical Congress, Abstracts* St Louis, Missouri, pp. p. 417, numéro 749.
- Cameron, K.M. (2003) Recent advances in the systematic biology of *Vanilla* and related orchids (Orchidaceae: subfamily Vanilloideae). In *First International Congress on the Future of the Vanilla Business* Princeton, NJ, USA.
- Cameron, K.M. (2004) Utility of plastid *psaB* gene sequences for investigating intrafamilial relationships within Orchidaceae. *Mol. Phylogenet. Evol.* **31**: 1157-1180.
- Cameron, K.M. (2005) DNA Barcoding as a method for vanilla species identification. In *Vanilla 2005 Mexico, The International Symposium on the Vanilla Business*. Vol. abstract Veracruz, Mexico.
- Cameron, K.M., and Molina, C. (2006) Photosystem II gene sequences of *psbB* and *psbC* clarify the phylogenetic position of *Vanilla* (Vanilloideae, Orchidaceae). *Cladistics* **22**: 239-248.
- Cameron, K.M. (2009) On the value of nuclear and mitochondrial gene sequences for reconstructing the phylogeny of vanilloid orchids (Vanilloideae, Orchidaceae), 10.1093/aob/mcp024. *Ann Bot.* mcp024.
- Delassus, M. (1963) La lutte contre la fusariose du vanillier par les méthodes génétiques. *L'Agronomie Tropicale* **18**: 245-246.
- Dequaire, J. (1976) L'amélioration du vanillier à Madagascar. In *Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée (FRA)*: 1976/07-12. - vol. 23, n. 7-12, p. 139-158 : 39 réf. - inter.: V.
- Duval, M.-F., Bory, S., Andrzejewski, S., Grisoni, M., Besse, P., Causse, S., Charon, C., Dron, M., Odoux, E., and Wong, M. (2006) Diversité génétique des vanilliers dans leurs zones de dispersion secondaire. *Les Actes du BRG* **6**: 181-196.
- Grisoni, M., Côme, B., and Nany, F. (1997) Projet de relance de la vanilliculture dans la région du Sava. In *Compte rendu de mission à Madagascar du 05 au 18 mai 1997* Saint Pierre: CIRAD / FOFIFA, pp. 11.
- Grisoni, M., Moles, M., Besse, P., Bory, S., Duval, M.-F., and Kahane, R. (2007) Towards an international plant collection to maintain and characterize the endangered genetic resources of vanilla. *Acta Hort. (ISHS)* **760**: 83-91.
- Leclercq-Le Quillec, F., and Nany, F. (2000) Compte rendu de mission à Madagascar 18 fev. - 15 mars 2000. CIRAD/FED/FOFIFA, pp. 11 p.
- Leclercq-Le Quillec, F., and Nany, F. (1999) Compte rendu de mission à Madagascar 22 juin - 2 juil.: CIRAD/FED/FOFIFA, pp. 12 p +annexes.
- Leclercq-Le Quillec, F., and Nany, F. (2000) Compte rendu de mission à Madagascar 5-23 mai 2000.: CIRAD/FED/FOFIFA, pp. 10 p.
- Lubinsky, P., Bory, S., Hernandez, J., Kim, S., and Gomez-Pompa, A. (2008) Origins and dispersal of cultivated vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. [Orchidaceae]). *Economic botany* **62**: 127-138.
- Lubinsky, P., Cameron, K.M., Molina, M.C., Wong, M., Lepers-Andrzejewski, S., Gomez-Pompa, A., and Kim, S.-C. (2008) Neotropical roots of a Polynesian spice: the hybrid origin of Tahitian vanilla, *Vanilla tahitensis* (Orchidaceae), *Am. J. Bot.* **95**: 1040-1047.
- Lucas, R. (1990) *La Réunion île de vanille*. Saint André: Océan Editions.
- Minoo, D., Nirmal Babu, K. , Ravindran, P.N. , and Peter, K.V. (2006) Interspecific hybridization in vanilla and molecular characterization of hybrids and selfed progenies using RAPD and AFLP markers. *Scientia Horticulturae*. **108**: 414-422.

- Minoo, D., Nirmal Babu, K., and Peter, K.V. (2006) Conservation of *Vanilla* species, *in vitro*. *Scientia Horticulturae*. **110**: 175-180.
- Minoo, D., Jayakumar, V., Veena, S., Vimala, J., Basha, A., Saji, K., Nirmal Babu, K., and Peter, K. (2007) Genetic variations and interrelationships in *Vanilla planifolia* and few related species as expressed by RAPD polymorphism. *Genetic Resources and Crop Evolution*.
- Minoo, D., Pillai, G., S, Babu, K., N, and Peter, K., V (2008) Isolation and fusion of protoplasts in *Vanilla* species. *Current Science* **94**: 115-120.
- Nany, F. (1996) Résultats de recherche vanille : Manitra ampotony, Tsy taitry, deux variétés prometteuses. *Les cahiers du Cite*: 47-48.
- Portères, R. (1954) Le genre *Vanilla* et ses espèces. In *Le vanillier et la vanille dans le monde*. Bouriquet, G. (ed). Paris: Editions Paul Lechevalier, pp. 599.
- Schluter, P., Arenas, M., and Harris, S. (2007) Genetic variation in *Vanilla planifolia* (Orchidaceae). *Economic botany* **61**: 328-336.
- Soto Arenas, M.A. (2006) Vainilla: los retos de un cultivo basado en una especie amenazada con una historia de vida compleja. In *Congreso Internacional de Productores de Vainilla*. Consejo Veracruzano de la Vainilla (ed.) Papantla, Veracruz, Mexico.
- Soto-Arenas, M.A. (1999) Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. Vol. 2004 México.

TABLEAUX

Tableau 1 : Liste du matériel végétal collecté et identification des accessions introduites en quarantaine dans le CRB VATEL (Cirad Réunion)

#EIA	num Cirad	Ref. Parcl	Variété	Type Parcelle	CymMV	Potyvirus	CMV	ORSV
1	CR1550	#70	<i>Tsy Taitra</i>	villageoise	3,031 virosé	0,004 sain	0,129 sain	0,049 sain
2	CR1551	#01	<i>Type Mexique</i>	villageoise	0,018 sain	0,002 sain	0,053 sain	0,028 sain
3	CR1552	#12	<i>Type Mexique</i>	villageoise	0,021 sain	0,002 sain	0,100 sain	0,016 sain
4	CR1553	#17	<i>Type Mexique</i>	villageoise	0,038 sain	0,005 sain	0,054 sain	0,088 sain
5	CR1554	#19	<i>Type Mexique</i>	villageoise	0,005 sain	0,001 sain	0,093 sain	0,075 sain
6	CR1555	#25	<i>Type Mexique</i>	villageoise	2,649 virosé	0,001 sain	0,032 sain	0,019 sain
7	CR1556	#25	<i>Type Mexique</i>	villageoise	2,955 virosé	0,001 sain	0,028 sain	0,016 sain
8	CR1557	#26	<i>Type Mexique</i>	villageoise	0,059 sain	0,007 sain	0,075 sain	0,080 sain
9	CR1558	#42	<i>Type Mexique</i>	villageoise	0,003 sain	0,004 sain	0,096 sain	0,072 sain
10	CR1559	#49	<i>Type Mexique</i>	villageoise	0,005 sain	0,003 sain	0,042 sain	0,029 sain
11	CR1560	#50	<i>Type Mexique</i>	villageoise	0,006 sain	0,001 sain	0,035 sain	0,019 sain
12	CR1561	#50	<i>Type Mexique</i>	villageoise	0,037 sain	0,007 sain	0,091 sain	0,081 sain
13	CR1562	#12	<i>Type ordinaire</i>	villageoise	0,008 sain	0,003 sain	0,062 sain	0,072 sain
14	CR1563	#17	<i>Type ordinaire</i>	villageoise	0,009 sain	0,003 sain	0,045 sain	0,047 sain
15	CR1564	#19	<i>Type ordinaire</i>	villageoise	0,005 sain	0,002 sain	0,035 sain	0,025 sain
16	CR1565	#25	<i>Type ordinaire</i>	villageoise	3,061 virosé	0,009 sain	0,052 sain	0,117 sain
17	CR1566	#33	<i>Type ordinaire</i>	villageoise	0,007 sain	0,004 sain	0,098 sain	0,083 sain
18	CR1567	#37	<i>Type ordinaire</i>	villageoise	0,012 sain	0,002 sain	0,032 sain	0,045 sain
19	CR1568	#47	<i>Type ordinaire</i>	villageoise	0,017 sain	0,002 sain	0,030 sain	0,034 sain
20	CR1569	#48	<i>Type ordinaire</i>	villageoise	0,031 sain	0,014 sain	0,054 sain	0,125 sain
21	CR1570	#63	<i>Type ordinaire</i>	villageoise	0,020 sain	0,003 sain	0,135 sain	0,064 sain
22	CR1571	#64	<i>Type ordinaire</i>	villageoise	0,040 sain	0,038 sain	0,049 sain	0,179 sain
23	CR1520	#61	F1	Fofifa	2,776 virosé	0,001 sain	0,047 sain	0,030 sain
24	CR1521	#61	VSP93	Fofifa	3,014 virosé	0,012 sain	0,072 sain	0,107 sain
25	CR1522	#61	VSP28	Fofifa	3,261 virosé	0,006 sain	0,130 sain	0,092 sain
26	CR1523	#61	VSP39	Fofifa	2,958 virosé	0,001 sain	0,061 sain	0,049 sain
27	CR1524	#61	V65	Fofifa	2,937 virosé	0,000 sain	0,094 sain	0,049 sain
28	CR1525	#61	VSP74	Fofifa	2,822 virosé	0,026 sain	0,085 sain	0,140 sain
29	CR1526	#61	VSP71	Fofifa	3,104 virosé	0,008 sain	0,132 sain	0,096 sain
30	CR1527	#61	FO	Fofifa	2,665 virosé	0,001 sain	0,027 sain	0,036 sain
31	CR1528	#61	Pompona pure	Fofifa	2,585 virosé	0,001 sain	0,037 sain	0,019 sain
32	CR1529	#61	VSP104	Fofifa	3,052 virosé	0,009 sain	0,093 sain	0,114 sain
33	CR1530	#61	V69	Fofifa	2,661 virosé	0,007 sain	0,146 sain	0,079 sain
34	CR1531	#61	(FxP)(FxH)	Fofifa	0,012 sain	0,002 sain	0,047 sain	0,021 sain
35	CR1532	#61	FxP50	Fofifa	2,809 virosé	0,001 sain	0,025 sain	0,027 sain
36	CR1533	#61	A55-295	Fofifa	3,236 virosé	0,006 sain	0,058 sain	0,102 sain
37	CR1534	#61	Fx(FxPH)	Fofifa	3,021 virosé	0,009 sain	0,117 sain	0,196 doutx
38	CR1535	#61	FxPH	Fofifa	3,077 virosé	0,008 sain	0,121 sain	0,120 sain
39	CR1536	#61	FxSP109	Fofifa	3,088 virosé	0,007 sain	0,133 sain	0,156 sain
40	CR1537	#61	55 I-633	Fofifa	3,187 virosé	0,011 sain	0,084 sain	0,130 sain
41	CR1538	#61	(FxP)x102-147	Fofifa	2,869 virosé	0,005 sain	0,121 sain	0,026 sain
42	CR1539	#61	P73(FxH)	Fofifa	2,942 virosé	0,005 sain	0,129 sain	0,004 sain
43	CR1540	#61	F(FxP)	Fofifa	0,009 sain	0,003 sain	0,065 sain	0,007 sain

44	CR1541	#61	(FxH)P73	Fofifa	2,758	virosé	0,016	sain	0,051	sain	0,045	sain
45	CR1542	#61	FxP5	Fofifa	0,007	sain	0,003	sain	0,074	sain	0,023	sain
46	CR1543	#61	FxP65	Fofifa	2,460	virosé	0,004	sain	0,029	sain	0,013	sain
47	CR1544	#61	K258	Fofifa	2,820	virosé	0,005	sain	0,034	sain	0,010	sain
48	CR1545	#61	K256	Fofifa	2,892	virosé	0,009	sain	0,038	sain	0,021	sain
49	CR1546	#61	(FxP)xF	Fofifa	3,004	virosé	0,005	sain	0,104	sain	0,071	sain
50	CR1547	#61	FxSP33	Fofifa	2,911	virosé	0,003	sain	0,040	sain	0,011	sain
51	CR1548	#61	Fx(FxH)	Fofifa	2,706	virosé	0,004	sain	0,039	Sai n	0,014	sain
52	CR1549	#61	P104xSP93	Fofifa	2,671	virosé	0,007	sain	0,060	Sai n	0,126	sain
Témoin sain					0,015		0,011		0,046		0,090	
Témoin infecté					3,225		2,223		0,250		0,220	

Tableau 2 : Géniteurs présents dans l'ombrière de la station vanille du Fofifa (Ambohitsara) le 27 mai 2009.

GENITEURS	Origine	Espèce	Type ⁽¹⁾	CymMV (1999) ⁽¹⁾	Bouture (2009)
FO	Madagascar	<i>V. planifolia</i>	Ordinaire (vanilline 4%)	8/9	Virosé
F1	Madagascar	<i>V. planifolia</i>	Petites gousses	nt	Virosé
V65	Comores	<i>V. pompona</i>	vigueur	1/1	Virosé
V69	Porto Rico	<i>V. phaeantha</i>	Résistance sécheresse et excès d'humidité	4/4	Virosé
VSP104	Moye Bampaperu	<i>V. pompona</i>	vigueur	1/1	Virosé
VSP28 ⁽²⁾	inconnue	inconnue		nt	Virosé
VSP39	Afrique (Mission Jean Félix)	V.sp.		2/2	Virosé
VSP71	Trinidad	V. sp.		2/2	Virosé
VSP74	Bénin (Nirouli, Dahomey)	V. sp.		2/2	Virosé
VSP93	Colombie (Bogota Ajaw)	<i>V. abundiflora</i>		2/2	Virosé
Pompona pure	inconnue	inconnue			Virosé

⁽¹⁾ Informations reprises de Leclercq Lequillec & Nany (1999)

⁽²⁾ Pas trouvé de mention antérieure d'un vanillier numéro 28. Le plant étiqueté VSP28 est feuillu (type *planifolia* / *bahiana*) donc différent de V128 (*V. madagascariensis*).

Tableau 3 : Hybrides présents dans l'ombrière de la station vanille du Fofifa (Ambohitsara) le 27 mai 2009.

F = *V. planifolia* ordinaire, H = *V. tahitensis* cv Haapape, P = *V. pompona*, Ph = *V. phaeantha*

HYBRIDES	Parent ♀	Parent ♂	Caractéristiques ⁽¹⁾	CymMV (1999) ⁽²⁾	CymMV (2009)
A55-295 = <i>Manitra ampotony</i>	F	H	Fruits complètement indéhiscents, très aromatiques, précoces	6/9	Virosé
55 I-633	F	H		9/9	Virosé
K256	inconnu	inconnu		9/9	Virosé
K258	inconnu	inconnu		1/1	Virosé
FxP5	F	P	Vigueur, grandes gousses, déhiscents, pauvres en vanilline	3/9	Sain
FxP50	F	P	Vigueur, grandes gousses, déhiscents, pauvres en vanilline	6/9	Virosé
FxP65	F	P	Vigueur, grandes gousses, déhiscents, pauvres en vanilline	7/9	Virosé
FxSP109	F	V. sp Santa Cruz (Bolivie)		9/9	Virosé
P104xSP93	P	V. abundiflora		1/1	Virosé
FxSP33	F	Vsp33	Fruits déhiscents, peu aromatiques, 90% plants stériles	1/1	Virosé
FxPh	F	Ph		0/1	Virosé
F(FxP)	F			9/9	Sain
(FxP)xF Tsy Taitra)	(FxP)	F		6/8	Virosé
Fx(FxH)	F	Hybride FxH		1/1	Virosé
(FxH)P73	Hybride FxH	P		9/9	Virosé
P73(FxH)	P	Hybride FxH		8/9	Virosé
(FxP)x102-147	F	P	Vigueur, grandes	1/1	virosé

			gousses, déhiscentes, pauvres en vanilline		
Fx(FxPh)	F	Hybride FxPh		1/1	Virosé
(FxP)x(FxH) ⁽³⁾	Hybride FxP	Hybride FxH		1/1	Sain

⁽¹⁾ *informations reprises de Leclercq Lequillec & Nany (1999)*

⁽²⁾ *proportion de lianes virosées d'après Leclercq Lequillec & Nany (1999)*

⁽³⁾ *Il existait en 1999 deux numéros (anagrammes) de l'hybride 4 voies :*

(FxP)x(FxH)₁₀₂₋₁₄₇ et (FxP)x(FxH)₁₀₂₋₁₇₄; il existe aussi un hybride (FxP)₁₀₂₋₁₄₇

Tableau 4 : Génotypages des accessions collectées par séquençage des gènes rbcL, psbC-trnS et ITS et analyse microsatellites.

Accession	origine	description	Groupes phylogénétiques / séquençages					Marqueurs microsatellites					Position taxonomique proposée
			rbcL1 (625nt)	rbcL2 (712nt)	rbcL1+2 (1337nt)	PsbC- TrnS (1423nt)	ITS-Cons (751/658 nt)	cir25 Allèle1	cir25 Allèle2	cir25 Allèle3	cir31 Allèle1	cir31 Allèle2	
CR0003	CRB-VATEL	Hyb. <i>V. planifolia</i> x <i>V. tahitensis</i>	A	A	A	A2	D	231	233		344	348	-
CR0017	CRB-VATEL	<i>V. tahitensis</i>	A	A	A	A1	D	231	231		344	344	-
CR0027	CRB-VATEL	<i>V. planifolia</i> (semis)	A	A	A	A1	A1	231	231		348	348	-
CR0043	CRB-VATEL	<i>V. planifolia</i> Classique	A	A	A	A1	A1	231	233		348	348	-
CR0056	CRB-VATEL	Hybride	A	A	A	A1	B2	231	233		341	348	-
CR0062	CRB-VATEL	<i>V. bahiana</i>	B	B	B	B	B1	228	228		341	341	-
CR0166	CRB-VATEL	Hyb. <i>V. planifolia</i> x <i>V. phaeantha</i>	nd	B	nd	nd	?	225	231		341	341	-
CR0628	CRB-VATEL	<i>V. planifolia</i> (semis)	A	A	A	A1	A2	231	233		342	342	-
CR0680	CRB-VATEL	<i>V. pompona</i>	C	C	C	C	C1	230	230		342	342	-
CR0691	CRB-VATEL	<i>V. pompona</i>	C	C	C	C	C1	229	229		342	342	-
CR0098	GenBank	<i>V. bahiana</i>	B	B	B	nd	nd	-	-	-	-	-	-
CR0164	GenBank	<i>V. tahitensis</i>	A	A	A	nd		-	-	-	-	-	-
CR0169	GenBank	<i>V. pompona</i>	C	C	C	nd	nd	-	-	-	-	-	-
CR0211	GenBank	<i>V. planifolia</i>	A	A	A	nd		-	-	-	-	-	-
CR1520	Fofifa	F1	A	A	A	A1	nd	231	233		348	348	<i>V. planifolia</i>
CR1523	Fofifa	VSP39	B	B	B	nd	B1	225	225		341	341	<i>V. bahiana</i> / <i>phaeantha</i>
CR1525	Fofifa	VSP74	B	B	B	B	B1	225	225		nd	nd	<i>V. bahiana</i> / <i>phaeantha</i>
CR1526	Fofifa	VSP71	B	B	B	B	B1	225	225		341	342	<i>V. bahiana</i> / <i>phaeantha</i>
CR1529	Fofifa	VSP104	nd	nd	nd	C	C1	233	233		342	348	Hyb pompona & planifolia
CR1531	Fofifa	(FxP)(FxH)	A	A	A	A1	C2	229	233		342	348	Hyb pompona & planifolia
CR1532	Fofifa	FxP50	A	A	A	A1	C2	229	231		nd	nd	Hyb pompona & planifolia
CR1533	Fofifa	A55-295	A	A	A	A1	C2	nd	nd		342	348	Hyb pompona & planifolia?
CR1534	Fofifa	Fx(FxPH)	A	A	A	A1	D	nd	nd		344	348	Hyb planifolia tahiti ?
CR1535	Fofifa	FxPH	A	A	A	A1	C1	230	233		342	348	Hyb pompona & planifolia
CR1538	Fofifa	(FxP)x102-147	A	nd	nd	A1	B2	230	233		nd	nd	planifolia ?
CR1539	Fofifa	P73(FxH)	A	A	A	A1	C3	230	233		nd	nd	Hyb pompona & planifolia

Access ⁽¹⁾	origine	description	Groupes phylogénétiques / séquençage					Marqueurs microsatellites					Position taxonomique proposée
			rbcL1 (625nt)	rbcL2 (712nt)	rbcL1+2 (1337nt)	PsbC- TrnS (1423nt)	ITS-Cons (751/658 nt)	cir25 Allèle1	cir25 Allèle2	cir25 Allèle3	cir31 Allèle1	cir31 Allèle2	
CR1541	Fofifa	(FxH)P73	nd	A	nd	A1	nd	nd	nd		nd	nd	Hyb pompona & planifolia
CR1542	Fofifa	FxP5	nd	A	nd	nd	C2	231	233		342	342	Hyb pompona & planifolia
CR1543	Fofifa	FxP65	A	A	A	A3	B2	229	230		348	348	Hyb pompona & planifolia
CR1544	Fofifa	K258	A	A	A	nd	nd	nd	nd		nd	nd	nd
CR1545	Fofifa	K256	A	A	A	nd	nd	231	233		341	348	Hyb pompona & planifolia
CR1547	Fofifa	FxSP33	A	A	A	A1	nd	231	233		341	348	Hyb pompona & planifolia
CR1548	Fofifa	Fx(FxH)	C	C	C	C	C1	225	229		341	344	Hyb planifolia & tahiti + ?
CR1549	Fofifa	P104xSP93	nd	nd	nd	nd	nd	225	229		nd	nd	nd
CR1550	prospection	Tsy Taitra	nd	nd	nd	C	C1	nd	nd		348	348	Hyb pompona & planifolia
CR1551	prospection	Type Mexique	A	A	A	A1	C2	229	230	233	342	348	Hyb pompona & planifolia
CR1552	prospection	Type Mexique	A	A	A	A1	A2	229	231	233	342	348	Hyb pompona & planifolia
CR1553	prospection	Type Mexique	A	A	A	A1	A1	229	231	233	348	348	Hyb pompona & planifolia
CR1554	prospection	Type Mexique	A	A	A	A1	C3	229	231	233	348	348	Hyb pompona & planifolia
CR1555	prospection	Type Mexique	A	A	A	A2	C2	229	231	233	348	348	Hyb pompona & planifolia
CR1556	prospection	Type Mexique	A	A	A	A3	C2	229	nd	nd	342	348	Hyb pompona & planifolia
CR1557	prospection	Type Mexique	A	A	A	A1	C2	229	231	233	nd	nd	Hyb pompona & planifolia
CR1558	prospection	Type Mexique	A	A	A	A1	C2	229	231	233	342	348	Hyb pompona & planifolia
CR1559	prospection	Type Mexique	A	A	A	nd	C2	231	233		342	342	Hyb pompona & planifolia
CR1560	prospection	Type Mexique	A	A	A	A1	C2	nd	nd		nd	nd	nd
CR1561	prospection	Type Mexique	A	A	A	A1	A1	231	233		342	342	Hyb pompona & planifolia
CR1562	prospection	Type ordinaire	nd	nd	nd	nd	nd	231	233		348	348	V. planifolia
CR1563	prospection	Type ordinaire	nd	A	nd	nd	A2	nd	nd		nd	nd	nd
CR1565	prospection	Type ordinaire	A	A	A	A1	nd	nd	nd		348	348	V. planifolia
CR1566	prospection	Type ordinaire	A	A	A	A1	A2	nd	nd		348	348	V. planifolia
CR1567	prospection	Type ordinaire	nd	A	nd	A1	nd	231	233		348	348	V. planifolia
CR1568	prospection	Type ordinaire	A	A	A	nd	A2	231	233		348	348	V. planifolia
CR1569	prospection	Type ordinaire	A	A	A	A1	A1	231	233		348	348	V. planifolia
CR1570	prospection	Type ordinaire	A	A	A	A1	A1	231	233		348	348	V. planifolia
CR1571	prospection	Type ordinaire	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		348	348	nd

ANNEXES

ANNEXE 1

Déroulement de la mission

- 19 mai 2009 : Arrivée à Antananarivo
- 20 mai à 10H00 : Arrivée à Sambava
 - Réunion de concertation avec les représentants du CTHT et du SAF/FJKM pour définir les modalités de prospection.
 - prospections sur Sambava (5 parcelles)
- 21 mai, prospections sur Sambava (9 parcelles)
- 22 mai, prospections sur Sambava (10 parcelles)
- 23 mai, prospections sur Sambava (8 parcelles)
- 25 mai, prospections sur Andapa (4 parcelles)
- 26 mai, prospections sur Sambava (13 parcelles)
- 27 mai, prospections sur Antalaha (6 parcelles)
- 28 mai, prospections sur Antalaha (4 parcelles)
- 29 mai, prospections sur Antalaha (6 parcelles)
- 30 et 31 mai, traitement des échantillons, voyage à Tamatave et préparation de la restitution
- Le 01 juin, voyage à Antananarivo
- Le 02 juin, restitution des missions à la Délégation de la Commission européenne et départ pour la Réunion

ANNEXE 2 :

Coordonnées des parcelles prospectées

parcelle	date	district	commune	lieu	propriétaire	LAT-S	LONG-E	alt
#01	20-mai	Sambava	Farahalana	Farahalana	Dominique RAMILSON	14,42486	50,15024	21
#02	20-mai	Sambava	Farahalana	Farahalana	Fernand BERA	14,43776	50,15330	25
#03	20-mai	Sambava	Farahalana	Farahalana	Antoine RABE	14,43875	50,15338	37
#04	20-mai	Sambava	Farahalana	Farahalana	Jaomamy JAOTATRA	14,44057	50,15455	34
#05	20-mai	Sambava	Farahalana	Benavoun	Intsay ZANDRY	14,40286	50,17446	12
#09	21-mai	Sambava	Anjombalava	Anjombalava	Ernest BEVELO	14,08579	50,07670	27
#10	21-mai	Sambava	Anjombalava	Bemanevika	Anselme JERISON	14,13092	50,12702	22
#11	21-mai	Sambava	Anjombalava	Bemanevika	Gaston RAKOTO	14,13293	50,12732	22
#13	21-mai	Sambava	Anjombalava	Tananbao Doud	Rodin RATDIAVINA	13,99387	50,11851	33
#14	21-mai	Sambava	Anjombalava	Tananbao Doud	Marcelin RANDRIANASO	13,99381	50,11813	34
#15	21-mai	Sambava	Anjombalava	Tananbao Doud	Joseph RABESON	13,99375	50,11775	18
#16	21-mai	Sambava	Anjombalava	Tananbao Doud	Celestine VANONA	13,99373	50,11761	20
#17	21-mai	Sambava	Anjombalava	Tananbao Doud	Fock King Ling	13,99847	50,11890	1
#18	21-mai	Sambava	Anjombalava		STABEX	14,09171	50,07946	41
#19	22-mai	Sambava	Marongona		Lugienne BELAHY	14,17802	49,87068	46
#20	22-mai	Sambava	Marongona		Perline BELAHY	14,17832	49,87001	51
#21	22-mai	Sambava	Marongona		Taona BENA	14,17862	49,87023	59
#22	22-mai	Sambava	Marongona		Rajioely GERISY	14,17882	49,87040	55
#23	22-mai	Sambava	Marongona		Felix JAO	14,17911	49,87172	38
#25	22-mai	Sambava	Nosiarnina		Michel MERA	14,21011	50,04608	16
#26	22-mai	Sambava	Nosiarnina		Jean Michel BESINOA	14,21118	50,03828	29
#27	22-mai	Sambava	Nosiarnina		Charles RAFARAMALALA	14,21360	50,03484	28
#28	23-mai	Sambava	Andratamarina		BALARY	14,35348	49,89899	51
#29	23-mai	Sambava	Andratamarina		NARISOA	14,35251	49,89810	0
#30	23-mai	Sambava	Andratamarina		Théodore RABEFALY	14,35215	49,89797	80
#31	23-mai	Sambava	Andratamarina		Remi TSIHOSA	14,35383	49,89895	67
#32	23-mai	Sambava	Andratamarina		Jean Levi TSARAVINAVI	14,35340	49,90434	70
#33	23-mai	Sambava	Ambohimitsinjo		Yacinthe SARAVELO	14,31948	49,98662	58
#34	23-mai	Sambava	Anjinjaomby		JACKY	14,30169	49,96133	47
#37	25-mai	Sambava	Amborimiambana		Olivier TSARANARANA	14,26202	50,09070	9
#38	25-mai	Andapa	Andapa		Bevita RAVELSON	14,64221	49,63602	487
#39	25-mai	Andapa	Andapa		Pascal BAYLON	14,64433	49,63573	475
#40	25-mai	Andapa	Sortie		Bana DAHY	14,64894	49,69182	522
#41	25-mai	Andapa	Sortie		STABEX	14,64379	49,69818	428
#42	26-mai	Sambava	Sambava		Olivier TSARANARANA	14,26362	50,12996	25
#43	26-mai	Sambava	Mahaleotena	Antsahabe	Sylvie ZAFSONOA	14,51511	49,89098	60
#44	26-mai	Sambava	Mahaleotena	Anahipsisaka	Albert RANDRIANASOLO	14,51612	49,87139	64
#45	26-mai	Sambava	Mahaleotena	Anahipsisaka	Marc RAVELOMANANA	14,51647	49,87144	53
#46	26-mai	Sambava	Manakana		Laurencien BANIANY	14,53253	49,87781	58
#47	26-mai	Sambava	Manakana		Lucia PANGA	14,53259	49,87789	58
#48	26-mai	Sambava	Manakana		Gérard MOUSSE	14,53354	49,87919	58
#49	26-mai	Sambava	Manakana		X	14,53315	49,87792	49
#50	26-mai	Sambava	Ambodivoara	Ambodivafaho	DSOAMANANJA	14,33986	49,97548	53
#51	26-mai	Sambava	Ambodivoara	Ambodivafaho	Soso SOAZAKA	14,36862	49,97302	63
#52	26-mai	Sambava	Mahitsiharongana		Armand MENA	14,35361	49,98059	55
#53	26-mai	Sambava	Mahitsiharongana		Roche RAZAKA	14,35250	49,92213	51
#54	26-mai	Sambava	Ambodivoara		Florine BEANARY	14,33930	49,98825	80
#55	27-mai	Antalaha	Ambinagnifaho	Tanambaovao	CHRIS	14,62219	50,14463	32

parcelle	date	district	commune	lieu	propriétaire	LAT-S	LONG-E	alt
#56	27-mai	Antalaha	Ambinagnifaho	Tanambaovao	NORE	14,62201	50,14491	26
#57	27-mai	Antalaha	Ambinagnifaho	Tanambaovao	Odette MAROHAVANA	14,62254	50,14570	27
#58	27-mai	Antalaha	Antalaha		Jeannot RANJANORO	14,92699	50,29077	10
#59	27-mai	Antalaha	Antalaha	Anjamamgotroka	Serge BADADY	14,96433	50,30596	13
#60	27-mai	Antalaha	Antalaha	Anjamamgotroka	Jean Claude ANONA	14,97919	50,30534	15
#61	28-mai	Antalaha	Ambohitsara		Station Fofifa	14,96041	50,28662	31
#62	28-mai	Antalaha	Marofinaritra		LOW WEN HONG	15,04223	50,11243	59
#63	28-mai	Antalaha	Marofinaritra		Christian BEZANDRY	15,04255	50,11183	59
#64	28-mai	Antalaha	Antumbana		Augustin TOMBO	14,99057	50,17028	37
#65	29-mai	Antalaha	Ambalabe		Lai SANG	15,16449	50,41904	3
#66	29-mai	Antalaha	Ambalabe		Jao ZINANY	15,16741	50,41918	11
#67	29-mai	Antalaha	Ampohibe	Ambodimpo Ant.	Claude ANONA	15,02829	50,33207	14
#68	29-mai	Antalaha	Antsanoro		Clovis NORIANA	14,83986	50,16048	29
#69	29-mai	Antalaha	Ampombola		Norbert TOTOZAHNANY	14,82746	50,17271	24
#70	29-mai	Antalaha	Ampombola		Patrice LAHITSARA	14,82819	50,17370	29